

## PROFESSION

## TECHNIQUE

## Projet européen Keep Cool II

# Conserver ou assurer le confort d'été lors de réhabilitation de bâtiments de bureaux

Résultats obtenus

Pour aller plus loin...

Laurent Grignon-Massé,  
Dominique Marchio, Mines ParisTech,  
Centre énergétique et procédés

L'usage de la climatisation en Europe est aujourd'hui en très forte augmentation. À titre d'exemple, environ 3,5 millions de climatiseurs individuels ont été vendus en 2005 contre 1,6 million en 1996 (120 % d'augmentation en dix ans). L'existant n'échappe pas à cette tendance, l'isolation des bâtiments lors d'une réhabilitation thermique, nécessaire pour réduire les consommations de chauffage, peut notamment se traduire par des inconforts d'été détectés après coup et favoriser l'installation ultérieure de systèmes de rafraîchissement mécanique<sup>1</sup>.

L'Agence européenne pour une énergie intelligente (AEEI) souhaite susciter des changements de pratique contribuant à une Europe plus efficace et plus sobre sur le plan énergétique tout en favorisant des conditions de travail ou de résidence agréables. Le projet Keep Cool II<sup>2</sup>, initié par l'AEEI, a pour ambition de mettre à la disposition des professionnels européens des informations pratiques sur les solutions réduisant le besoin de froid : architectes, maîtres d'ouvrage, bureaux d'études, professionnels de la conduite et de la maintenance. Ce projet (2008 - 2010) regroupe douze partenaires<sup>3</sup> de neuf nationalités différentes (le bureau d'étude allemand IZES, le Centre énergétique et procédés (CEP) de Mines ParisTech, les Agences de l'énergie suédoise et autrichienne...). Un site Internet <http://www.keep-cool.eu/> a été créé pour ce projet. Il rassemble des résultats théoriques, techniques et économiques destinés :

- aux maîtres d'ouvrage : sensibilisation aux solutions de confort d'été ;
- aux concepteurs et fournisseurs de matériels et de services : bilans prévisionnels dans différents climats orientant les choix de réhabilitation des bâtiments vers la

- réduction des apports solaires et internes ;
- au secteur public : recommandations sur la gestion de son parc de bâtiments et les procédures de marchés publics ;
- aux pouvoirs publics concernés : identification des principales barrières freinant la pénétration des solutions "soutenables" de confort d'été (réglementations nationales, pratiques usuelles...).

Nous reviendrons sur une des composantes de ce projet : le travail réalisé par le CEP en vue d'évaluer le potentiel de solutions d'enveloppe et de ventilation en termes d'amélioration du confort d'été et de réduction des consommations énergétiques.

### Potentiels d'amélioration du confort d'été

Les volumes d'économies d'énergie engendrées par la mise en place de solutions d'amélioration du confort d'été ont été estimés pour différents types de bâtiment et différents climats en tenant compte des pratiques locales. Si la réduction des consommations de climatisation requiert une diminution des consommations de refroidissement dans les bâtiments climatisés, elle suppose aussi une amélioration du confort estival dans les bâtiments non

climatisés, et ce, dans le but de ne pas dégrader la performance globale en rendant nécessaire l'installation de systèmes de refroidissement. Le potentiel de solutions d'enveloppe et de ventilation a été évalué pour des bâtiments climatisés ainsi que pour des bâtiments qui ne le sont pas mais qui pourraient le devenir faute d'une conception orientée "confort d'été" (notamment après une réhabilitation orientée chauffage). Dans les bâtiments climatisés, les réductions de besoins de refroidissement atteignables ont été quantifiées. Concernant les bâtiments non climatisés, mais dont les fenêtres sont ouvrables, le potentiel des différentes solutions a alors été évalué en termes d'amélioration du confort thermique intérieur. Les zones de "confort adaptatif", telles que définies dans la norme 15251, ont été utilisées pour quantifier l'inconfort. L'étude de solutions d'amélioration du confort d'été a reposé sur la simulation dynamique, avec l'utilisation du logiciel TRNSYS. L'extension TRNFLOW a été employée pour intégrer la composante aérodynamique, nécessaire à l'étude de la ventilation naturelle.

### Bâtiments et actions techniques étudiées

L'approche par la simulation nécessite la spécification de bâtiments et de climats de référence. Les climats de Stockholm, Paris, Milan, Lisbonne et Palerme ont été retenus et seules des actions d'amélioration techniques ont été évaluées ; aucune action comportementale n'a été étudiée. La situation dite de "référence" correspond à des

caractéristiques moyennes de bâtiments existants. Ces caractéristiques, qui dépendent des zones géographiques (réglementations et pratiques très variables), ont été rassemblées par les partenaires des différents pays. Les bâtiments de référence sont au nombre de quatre : un immeuble de bureaux de douze étages dont 45 % de la surface verticale est vitrée, un bâtiment de bureaux de deux étages dont 30 % de la surface verticale est vitrée, une boutique et un appartement. Leurs caractéristiques sont présentées en détail sur le site Internet du projet (voir tâche 4.1). Il existe de nombreuses possibilités permettant de réduire l'inconfort estival et les consommations d'énergie liées au refroidissement du bâtiment (protections solaires, toits végétalisés, climatisation solaire...). Les solutions finalement retenues sont les suivantes : vitrages à faible facteur solaire, protections solaires, réduction des apports internes (équipements et éclairage), peintures réfléchissantes, systèmes ventilation naturelle et mécanique (diurne/nocturne).

### Résultats obtenus

L'ensemble des résultats obtenus est disponible sur le site Internet (voir tâche 4.3). Dans un souci de concision, ne sont présen-

tés ici que les bâtiments de bureaux et les actions, ou ensemble d'actions, succinctement décrites dans le **Tableau 1**.

Les **Figures 1a et 1b** présentent les résultats obtenus, en termes de réduction des besoins de refroidissement, pour les deux types de bâtiments de bureaux étudiés et pour les climats de Paris, Milan et Lisbonne. L'action la plus avantageuse, qui consiste à mettre en place des protections solaires, permet de diminuer les besoins de refroidissement d'environ 50 % dans le cas du bâtiment de deux étages, et de 60 à 70 % pour l'autre bâtiment. La réduction des apports internes associée à l'installation de protections solaires représente un potentiel de réduction des besoins d'environ 65 à 85 % selon les configurations. Enfin, si l'on ajoute des stratégies adéquates de ventilation naturelle nocturne, alors les besoins se voient atténués de 85 % - 95 %.

Les **Figures 2a et 2b** présentent les résultats obtenus, en termes de réduction de l'inconfort thermique, pour les deux types de bâtiments de bureaux étudiés et pour les climats de Paris, Milan et Lisbonne. Les zones de "confort adaptatif", telles que définies dans la norme 15251, sont utilisées, et l'inconfort thermique est exprimé comme la part d'heures d'occupation inconfortables

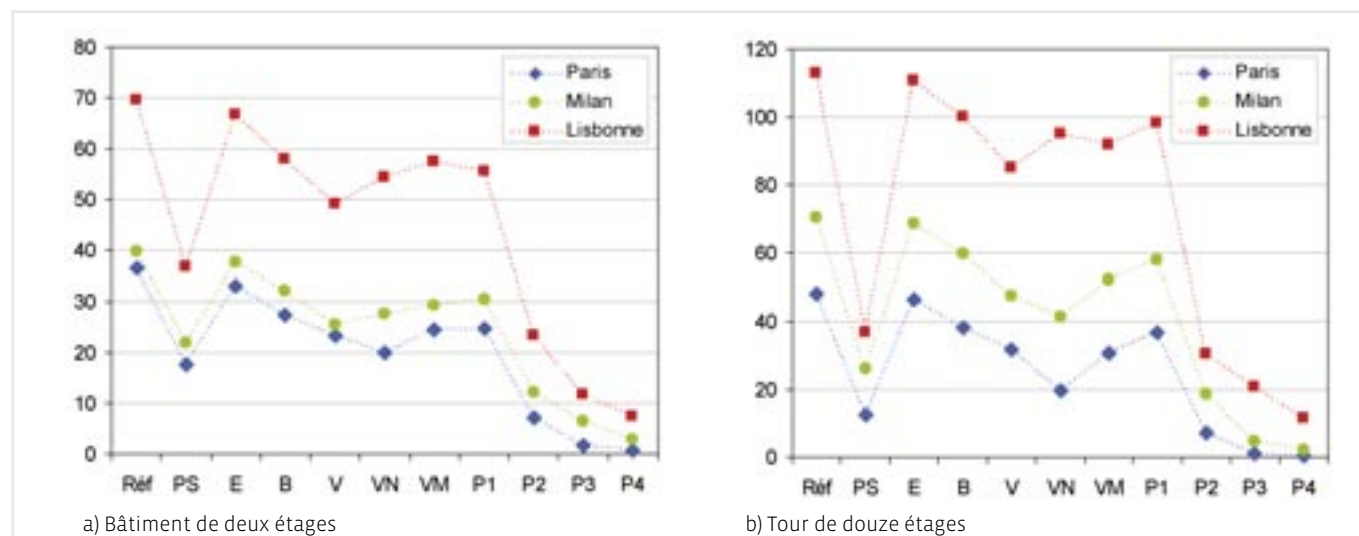
sur l'ensemble de l'année. Des résultats complémentaires sont également disponibles sur le site du projet : degrés-heures d'inconfort, différentes zones de confort. L'inconfort obtenu par simulation peut paraître élevé mais est en accord avec des résultats d'enquêtes menées dans des bâtiments de bureaux situés en région lyonnaise<sup>4</sup>.

### Les protections solaires

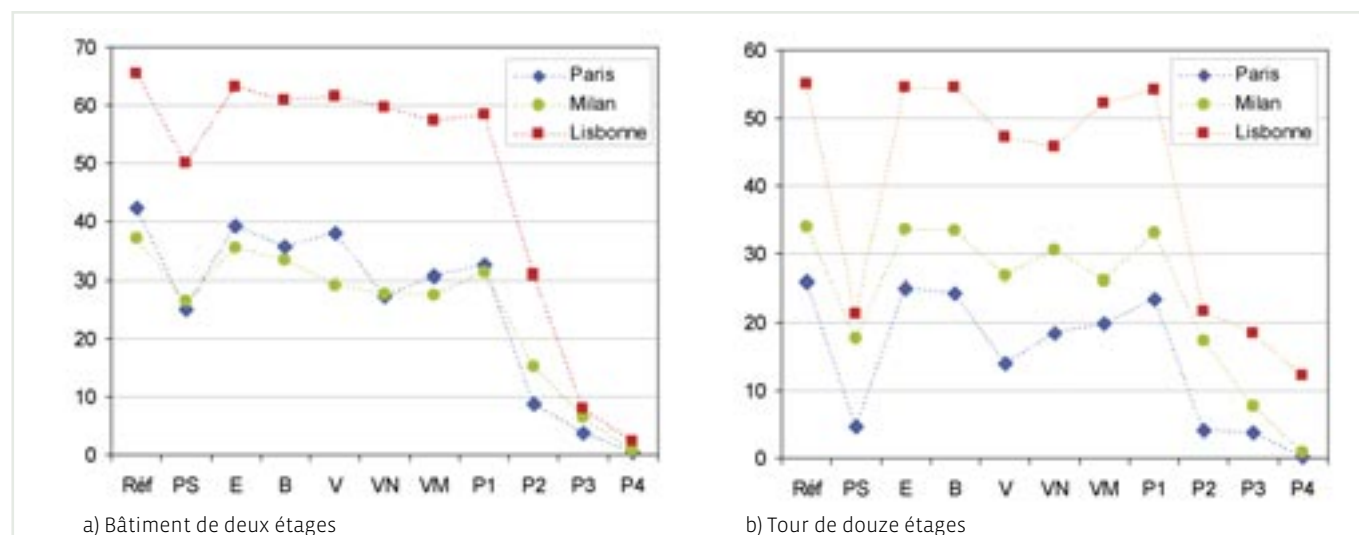
L'action la plus avantageuse, qui consiste à mettre en place des protections solaires, permet de diminuer le nombre d'heures d'inconfort de 20 % à 40 % dans le cas du bâtiment de deux étages, et de plus de 50 % pour l'autre bâtiment. La réduction des apports internes associée à l'installation de protections solaires représente un potentiel de réduction des heures inconfortables d'environ 50 à 85 % selon les configurations. Enfin, si l'on ajoute des stratégies adéquates de ventilation naturelle nocturne, alors la part d'heures inconfortables est inférieure à 5 % et 8 % pour, respectivement, les climats de Paris et Milan. La mise en place de solutions d'amélioration du confort d'été permet donc une réduction importante de l'inconfort estival. Dans certains cas, le recours à la climatisation

**Tableau 1** Description succincte des actions présentées ici

Actions (acronyme)	Description
Mise en place de protections solaires extérieures (PS)	Facteur solaire de 0,1 - Contrôle en fonction du rayonnement solaire
Remplacement du système d'éclairage (E)	Puissance installée : 10 W/m <sup>2</sup> (référence : 18 W/m <sup>2</sup> )
Remplacement de la bureautique (B)	Puissance installée : 7 W/m <sup>2</sup> (référence : 15 W/m <sup>2</sup> )
Installation de vitrages à faible facteur solaire (V)	Facteur solaire de 0,3 - Transmission visible de 0,4 U=1,3 W/m <sup>2</sup> /K
Ventilation naturelle nocturne (VN)	Ouverture de 50 % de la surface vitrée en fonction des températures extérieure et intérieure
Ventilation mécanique nocturne (VM)	Débit de 6 vol.h-1 en fonction des températures extérieure et intérieure
Réduction des apports internes (P1)	E + B
Réduction des apports internes et solaires (P2)	E + B + PS
Réduction des apports internes et solaires associée à la ventilation nocturne (P3)	E + B + PS + VN
Réduction des apports internes et solaires associée à la ventilation nocturne (P4)	E + B + PS + VN + V



**Figure 1** Potentiel de réduction des besoins de refroidissement pour les deux types de bâtiments de bureaux étudiés et pour les climats de Paris, Milan et Lisbonne.



**Figure 2** Potentiel d'amélioration du confort pour les deux types de bâtiments de bureaux étudiés et pour les climats de Paris, Milan et Lisbonne.

pourra être évité. Des résultats similaires à ceux présentés ici existent pour les secteurs commercial et résidentiel. L'effet des mesures sur les consommations de chauffage et d'électricité spécifique sont aussi disponibles afin de tenir compte des interactions: la mise en place de protections solaires conduit par exemple à l'augmentation des consommations d'éclairage. Les économies sont données en énergie finale et en énergie primaire. L'ensemble est téléchargeable sur le site Internet du projet.

### Pour aller plus loin...

Les travaux réalisés dans le cadre du projet Keep Cool II ont permis, d'une part, de mon-

trer que des économies d'énergie significatives peuvent être obtenues à l'aide de solutions disponibles sur le marché, et d'autre part, de quantifier les économies atteignables à l'aide de solutions d'enveloppe et de ventilation.

Le Centre énergétique et procédés (Mines ParisTech) cherche actuellement à aller plus loin dans l'étude de la réduction des impacts environnementaux liés à la climatisation en France. Des études sont menées en vue d'étudier, outre les solutions d'enveloppe et de ventilation, les potentiels d'amélioration des équipements (efficacité énergétique, fuites de fluides frigorigènes...). Ces différentes

solutions sont aussi en cours d'évaluation sous l'angle économique (analyses coût-efficacité ou coût-bénéfice) afin d'établir des recommandations sur les solutions à privilégier en vue de diminuer les impacts environnementaux liés au confort d'été, que ce soit à l'échelle du bâtiment ou à celle du territoire. ■ 11-813

1. Voir l'article de Feldmann et Schwarzberg, CVC n° 857.

2. Transforming the market from "cooling" to "sustainable summer comfort".

3. La liste des partenaires est disponible sur le site Internet. IZES (Institut für ZukunftsEnergieSysteme) supervise le projet.

4. Moujalled B, 2007, Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés, Thèse de Doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.